

LAPORAN AKHIR

**PERAKITAN VARIETAS JAGUNG HIBRIDA BERDAYA HASIL TINGGI DAN
ADAPTIF PADA LAHAN MASAM PODSOLIK MERAH KUNING DENGAN
DOSIS PEMUPUKAN YANG RENDAH (UJI DAYA HASIL
LANJUT DAN UJI MULTILOKASI)**

PROGRAM INSENTIF RISET TERAPAN-2010

Bidang Fokus : Ketahanan Pangan

**LEMBAGA PENELITIAN
UNIVERSITAS BENGKULU
Jl. W.R. Supratman, Bengkulu, Kode Pos 38371 A
Telepon : (0736) 20236, Faksimile : (0736) 20236
e-mail : lpunib@yahoo.com**

Judul Penelitian : Perakitan Varietas Jagung Hibrida Berdayahasil Tinggi dan Adaptif Pada Lahan Masam Podsolik Merah Kuning Dengan Dosis Pemupukan yang Rendah (Uji Daya Hasil Lanjut dan Uji Multilokasi)

Fokus Bidang Penelitian : Ketahanan Pangan

Lokasi Penelitian : 1. Desa Harapan, Kecamatan Pondok Kelapa, Kabupaten Bengkulu Tengah
2. Desa Margasakti, Kecamatan Padang Jaya, Kabupaten Bengkulu Utara
3. Balai Benih Pembantu, Kelurahan Kota Medan, Kecamatan Kota Manna, Kabupaten Bengkulu Selatan

Penelitian tahun ke dua

Keterangan Lembaga Pelaksana/Pengelola Penelitian	
A. Lembaga Pelaksana Penelitian	
Nama Koordinator/Peneliti Utama	Ir. Suprpto, M.Sc, PhD
Nama Lembaga/Institusi	Fakultas Pertanian-Universitas Bengkulu
Unit Organisasi	Program Studi Agronomi-Jurusan Budidaya Pertanian
Alamat	Jl. W.R. Supratman, Bengkulu 3837 A
Telepon/HP/Faksimile/e-mail	0736-21290/0813295748470736-21290/NDA_143F@yahoo.com
B. Lembaga lain yang terlibat (dapat lebih dari satu)	
Nama Koordinator	-
Nama Lembaga	-
Unit Organisasi	-
Alamat	-
Telepon/Faksimile/e-mail	-

Koordinator
Kegiatan

Ir. Suprpto, M.Sc, Ph.D
NIP.19580922 198503 1 001



DAFTAR ISI

	hal
HALAMAN PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II PERUMUSAN MASALAH	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Tahun Pertama	23
3.1.1. Pengujian Potensi Genotip Jagung Pada Lahan Masam PMK Tanpa Pengapuran, Tanpa Bahan Organik Dengan Dosis Pemupukan yang Rendah	23
a. Analisis Data	29
b. Estimasi Keragaman Genetik, Heritabilitas dan Kemajuan Genetik	30
c. Korelasi dan Analisis Lintasan	32
3.1.2. Pengujian di Laboratorium	34
3.1.3. Pengujian di Polibag	35
3.1.4. Persilangan	36
3.1.5. Pengujian Potensi Hibrida F ₁ dan Tetua	36
3.1.6. Heterosis dan Tindak Gen	36
3.2. Tahun Kedua	37
3.3. Tahun Ketiga	40
BAB IV RANCANGAN PENELITIAN	43
BAB V HASIL YANG DIHARAPKAN	45
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	48
BAB VII KESIMPULAN	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	83

DAFTAR TABEL

	hal
Tabel 1. Analisis varians untuk RAKL suatu ciri	30
Tabel 2. Analisis varians gabungan untuk RAKL pada tiga lokasi	38
Tabel 3. Analisis varians tergabung g genotip yang diuji pada musim m dan l lokasi dengan RAKL	39
Tabel 4. Analisis varians ciri-ciri jagung hibrida yang ditanam di Desa Margasakti, Kecamatan Padang Jaya, Kabupaten Bengkulu Utara pada musim kemarau dan hujan 2010.....	48
Tabel 5. Uji lanjut DMRT 5% ciri-ciri jagung hibrida di Desa Margasakti, Kecamatan Padang Jaya, Kabupaten Bengkulu Utara pada musim kemarau 2010	49
Tabel 6. Uji lanjut DMRT 5% ciri-ciri jagung hibrida di Desa Margasakti, Kecamatan Padang Jaya, Kabupaten Bengkulu Utara pada musim hujan 2010	51
Tabel 7. Analisis varians ciri-ciri jagung hibrida yang ditanam di Desa Harapan, Kecamatan Pondok Kelapa, Kabupaten Bengkulu Tengah pada musim kemarau dan hujan 2010.....	54
Tabel 8. Uji lanjut DMRT 5% ciri-ciri jagung hibrida di Desa Harapan, Kecamatan Pondok Kelapa, Kabupaten Bengkulu Tengah pada musim kemarau 2010	56
Tabel 9. Uji lanjut DMRT 5% ciri-ciri jagung hibrida di Desa Harapan, Kecamatan Pondok Kelapa, Kabupaten Bengkulu Tengah pada musim hujan 2010	58
Tabel 10. Analisis varians ciri-ciri jagung hibrida yang ditanam di Balai Benih Pembantu, Kelurahan Kota Medan, Kecamatan Kota Manna, Kabupaten Bengkulu Selatan pada musim kemarau dan hujan 2010.....	60
Tabel 11. Uji lanjut DMRT 5% ciri-ciri jagung hibrida di di Balai Benih Pembantu, Kelurahan Kota Medan, Kecamatan Kota Manna, Kabupaten Bengkulu Selatan pada musim kemarau 2010.....	62

Tabel 12.	Uji lanjut DMRT 5% ciri-ciri jagung hibrida di di Balai Benih .Pembantu, Kelurahan Kota Medan, Kecamatan Kota Manna, Kabupaten Bengkulu Selatan pada musim hujan 2010.....	64
Tabel 13.	Analisis varians gabungan ciri-ciri jagung hibrida yang dtanam di tiga kabupaten di Provinsi Bengkulu pada musim kemarau 2010.	66
Tabel 14	Analisis varians gabungan ciri-ciri jagung hibrida yang ditanam di tiga kabupaten di Provinsi Bengkulu pada musim hujan 2010.....	67
Tabel 15.	Analisis varians gabungan ciri-ciri jagung hibrida yang ditanam di tiga kabupaten di Provinsi Bengkulu tahun 2010.....	68
Tabel 16.	Rata-rata hasil pipilan kering, koefisien regresi dan simpangan regresi tujuh hibrida yang diuji di tiga kabupaten di Provinsi Bengkulu pada musim kemarau 2010.....	69
Tabel 17.	Rata-rata hasil pipilan kering, koefisien regresi dan simpangan regresi tujuh hibrida yang diuji di tiga kabupaten di Provinsi Bengkulu pada musim hujan 2010.....	69

ABSTRAK

Di Indonesia, jagung merupakan komoditas penting setelah padi dan hingga saat ini produktivitasnya masih rendah. Peningkatan kebutuhan yang lebih tinggi daripada peningkatan produksinya menyebabkan Indonesia harus mengimpor jagung. Indonesia mempunyai lahan Podsolik Merah Kuning (Ultisol) yang sangat luas hampir mencapai 50 juta hektar yang sebagian besar terletak di luar Jawa. Namun demikian, lahan PMK merupakan lahan masam tidak subur dengan kandungan aluminium (Al) yang tinggi sehingga perluasan areal tanam jagung ke luar Jawa terkendala. Kandungan Al yang tinggi menyebabkan unsur-unsur hara di dalam tanah terutama unsur P difiksasi oleh Al sehingga unsur-unsur hara tersebut tidak tersedia dan tidak bisa dimanfaatkan oleh tanaman jagung, perakaran tanaman jagung tidak berkembang, pertumbuhan tanaman terhambat dan hasilnya rendah. Demikian juga varietas jagung hibrida yang selama ini diseleksi, dirakit dan dibudayakan di lahan subur dengan input produksi yang tinggi jika ditanam di lahan masam dengan input produksi yang rendah, jagung hibrida tidak mampu tumbuh baik dengan hasil yang rendah. Pengapuran, pemberian bahan organik dan pemupukan anorganik dosis tinggi untuk meningkatkan produktivitas jagung hibrida di lahan PMK merupakan upaya yang mahal, tidak ekonomis, bersifat sementara dan tidak ramah lingkungan. Harga benih jagung hibrida yang mahal diantaranya disebabkan benih jagung hibrida masih dirakit oleh perusahaan-perusahaan multinasional sehingga Indonesia masuk dalam perangkap kebutuhan benih (*seed trap*). Ketersediaan kapur di luar Jawa sulit didapatkan, jikapun ada dengan harga yang mahal. Demikian juga pengapuran hanya menetralkan lapisan atas tanah saja, mudah terbawa air sehingga pengapuran bukan merupakan upaya yang tepat, secara teknis dan ekonomis sulit dilakukan petani. Pemberian bahan organik yang mengandung asam-asam organik merupakan salah satu solusi untuk mengurangi keracunan Al di lahan masam PMK. Bahan organik juga membantu memperbaiki struktur tanah, menyediakan unsur hara dan membantu ketersediaan air bagi tanaman jagung. Namun demikian, penyediaan bahan organik untuk lahan penanaman yang luas secara teknis sulit dilakukan. Ketersediaan pupuk anorganik juga merupakan satu masalah mendasar yang dihadapi petani akhir-akhir ini. Ketersediaannya yang terbatas menyebabkan harganya mahal dan petani sulit mendapatkannya sehingga petani tidak mampu melakukan pemupukan sesuai rekomendasi. Oleh sebab itu perakitan varietas jagung hibrida yang adaptif di lahan masam dan berdaya hasil tinggi pada kondisi tanpa pengapuran, tanpa bahan organik dengan dosis pemupukan anorganik yang rendah merupakan upaya yang efektif. Penelitian tahap pertama, telah dilakukan pengujian ketahanan berbagai genotip jagung terhadap keracunan Al di laboratorium menggunakan metode Polle *et al.* (1978). Pengujian ketahanan genotip terhadap keracunan Al di polibag dan lapangan telah dilakukan masing-masing menggunakan

rancangan acak lengkap dan rancangan acak kelompok lengkap tiga ulangan. Pada tahap kedua telah dilakukan penyilangan biparental antar genotip yang terdiri dari inbrida, varietas hibrida komersial, varietas unggul bersari bebas dan varietas lokal terseleksi. Hibrida-hibrida yang dihasilkan telah diuji daya hasil dan adaptasinya di lahan masam PMK. Berdasarkan analisis laboratorium, Prima-1, DK3, Srikandi Kuning, BBB-1-2, BBB-1-1, BBB-1-3 dan BCK-1-4T3 merupakan genotip-genotip yang tahan terhadap keracunan Al dan dapat digunakan sebagai tetua untuk merakit varietas jagung hibrida yang tahan terhadap keracunan Al. Pada percobaan di polibag, Prima-1, DK-3, BBB-1-2, BBB-1-3 dan BCK-1-4T3 menunjukkan bobot biji per tanaman yang paling tinggi. Genotip Prima-1, DK-3, BBB-1-1 dan BCK-1-4T3 menunjukkan pertumbuhan dan bobot biji per tanaman yang paling tinggi pada penelitian di lapangan. Genotip Prima-1, Bisi-12, BBB-1-2, BBB-1-1 dan BBB-1-5 menunjukkan indeks seleksi yang tinggi, merupakan sumber tetua yang baik untuk persilangan. Estimasi parameter genetik seperti keragaman genetik, heritabilitas, korelasi dan analisis lintasan digunakan sebagai dasar pengembangan jagung varietas hibrida. Ciri bobot biji per tanaman menunjukkan heritabilitas dalam arti luas sedang tetapi menunjukkan kemajuan genetik harapan rendah, menunjukkan terdapat peranan gen-gen non-aditif yang mengendalikan ciri-ciri tersebut. Ciri bobot biomassa dan diameter tongkol berkelobot merupakan kriteria seleksi yang paling baik untuk merakit varietas jagung hibrida di lahan masam PMK, tanpa pengapuran, tanpa bahan organik dengan dosis pemupukan anorganik yang rendah. Hibrida hasil persilangan G1xG2, G1xG3, G1 x G4, G2xG3, G2xG4, G3xG8, G5 x G8, G3 x G23, G8 x G21, G7 x G21 dan G7 x G14 menunjukkan pertumbuhan lebih baik dan bobot biji per tanaman lebih tinggi jika dibandingkan dengan hibrida-hibrida hasil persilangan yang lain. Hibrida-hibrida hasil persilangan ini telah diuji melalui Uji Daya Hasil Pendahuluan (UDHP) menggunakan rancangan acak kelompok lengkap tiga ulangan. Varietas hibrida komersial Prima -1 dan DK-3 digunakan sebagai varietas pembanding. Hibrida menunjukkan bobot biji yang paling tinggi adalah hasil persilangan H3 (G1x G4) dengan hasil 5,1 t/ha jika dibandingkan dengan kedua varietas pembanding yang hanya menghasilkan 3,6 t/ha. Uji Daya Hasil Lanjut (UDHL) telah dilakukan di tiga lokasi berlahan masam di Provinsi Bengkulu pada musim kemarau menggunakan rancangan acak kelompok lengkap tiga ulangan. Dua varietas hibrida komersial Prima-1 dan DK-3 juga disertakan sebagai varietas pembanding. Pada UDHL musim kemarau, lima hibrida (H1, H2, H3, H4 dan H5) menunjukkan hasil pipilan tertinggi dan konsisten pada tiga lokasi pengujian dengan rata-rata hasil pipilan kering masing-masing 5,39; 5,67; 5,52; 4,86 dan 4,93 t/ha pada musim kemarau dan 6,03; 6,35; 6,44; 5,07 dan 5,62 t/ha pada musim hujan lebih tinggi daripada Prima-1 dan DK-3 yang hanya menghasilkan pipilan kering masing-masing 4,29 dan 4,53 t/ha pada musim kemarau, 4,47 dan 4,85 t/ha pada musim hujan. Pada kondisi air yang cukup kelima hibrida tersebut mampu menghasilkan pipilan kering masing-masing 6,30; 6,35; 5,82; 5,46 dan 5,54 t/ha. Tidak terdapat interaksi antara genotip, lokasi dan musim pada ciri-ciri yang dikaji, sehingga dapat dilakukan uji multilokasi.

Kata Kunci : *jagung hibrida, lahan masam PMK, pemupukan dosis rendah*

ABSTRACT

In Indonesia, corn is the most important commodity following rice and up to now its productivity is still low. Indonesia must import a large scale of seed corns due to higher needs more than its production. Indonesia has wide land of acidic soil Red-yellowish Podzol (Ultisol) approximately 50 million hectares where most of them are in the outer of Java Island. Extensification program in the outer of Java Land will be limited due to this unfertile land with higher aluminium (Al) content. The high Al content decreased nutrient elements in the soil especially P to which will be fixed by Al. Therefore, these nutrient elements would not be available and could not be used by corn plant, corn roots could not well develop, corn plants would be stuned and resulting in low yield. Moreover, the existing and commercial corn varieties were improved and planted in the fertile land with higher production input. This kind of varieties would not grow well and showing lower yield. Liming, organic matter application and higher dose of anorganic fertilizers are expensive, economically is not feasible, temporary solution and environmentally safe. The expensive price of these hybrid corns was due to those of were improved by multinational companies. Therefore, Indonesia was in the seed trap condition. The availability of lime in the outer of Java Island was very limited and expensive, liming will be effective and only neutrilize topsoil, easilly be eroded by water, so liming is not the suitable ways, technically and economically are difficult to be applied by farmers. Organic matter application which contained organic acids is one of solution to reduce Al saturation in acidic soil. Organic matter application would help to improve soil structure, avalaibility of nutrient elements and water for corn plants. However, availability of this organic matter for wide planting area is technically difficult to be realized. The availability of anorganic fertilizer was also recently becoming problem for the farmers. Its limited availability will stimulate its high price and the farmers difficult to get it, so the farmers could not fertilize their corn plants as recommended. Therefore, corn variety improvement which superior and adaptable to acidic soil without liming, organic matter and using low dose of anorganic fertilizer will be effective means. The first step of this research was to test genotypic resistance to Al saturation in laboratory using Polle *et al.* (1978) method. The further step was to test these genotypes in polybag and in the field using randomized complete block design and randomized complete design with three replications. The second step was biparental crosses between these genotypes consisted of inbreed lines, existing and commercial hybrid corn varieties, open varieties and selected local corn varieties. The resulted hybrids have been tested to the yield and its adaptability to acidic soil. Based on laboratory analysis, Prima-1, DK3, Srikandi Kuning, BBB-1-2, BBB-1-1, BBB-1-3 and BCK-1-4T3 were Al resistant genotypes and to be used as parents to establish corn hybrid varieties resistant to Al saturation. In the polibag, Prima-1, DK-3, BBB-1-2, BBB-1-3 and BCK-1-4T3 showed the highest seed weight per plant. In the field, genotypes of Prima-1, DK-3, BBB-1-1 and BCK-1-4T3 showed the best growth and the highest seed weight. Genotypes of Prima-1, Bisi-12, BBB-1-2, BBB-1-1 and BBB-1-5 showed the highest selection index and could be used as good parents for crossing. Genetic parameters such as genetic variability, heritability, correlation and path analysis were used as basic information for the improvement of hybrid corn varieties. Seed yield per plant

showed moderate broadsense heritability with low genetic gain indicating the non-additive genes controlling these traits. Biomass weight and husked ear diameter were the best selection criteria to the improvement of hybrid corn varieties in acidic soil without liming, organic matter and low dose of anorganic fertilizers. The resulted hybrids of G1 x G2, G1 x G3, G1 x G4, G2xG3, G2xG4, G3 x G8, G5 x G5, G3 x G23, G8 x G21, G7 x G21 and G7 x G14 showed the best growth and the highest seed yield per plant comparing with other hybrids. Preliminary yield test using randomized complete block design with three replications was done to test these best hybrids. The existing and commercial hybrids of Prima-1 and DK-3 were used as comparable varieties. The hybrids of G1 x G4 was the best hybrids resulting 5,1 t/ha comparing with the two comparable hybrids resulting 3,6 t/ha. Advanced yield test has been conducted in three acidic soil locations on dry season in Bengkulu Province, using randomized complete block design three replications. Two commercial hybrid varieties of Prima-1 and DK-3 were included. Advanced yield trial on dry season, five hybrids (H1, H2, H3, H4 and H5) showed the highest dry seed yield and consistent in three testing locations of 5,39; 5,67; 5,52; 4,86 and 4,93 t/ha respectively in dry season and 6,03; 6,35; 6,44; 5,07 and 5,62 t/ha in wet season, were higher than Prima-1 and DK-3 with dry seed yield of 4,29 and 4,53 t/ha in respectively in dry season, 4,47 and 4,85 t/ha in wet season. In the available water condition, these five hybrids showed dry seed yield of 6,30; 6,35; 5,82; 5,46 and 5,54 t/ha. There was no interaction between genotype, location and planting season on the traits studied, so multilocation tests should be conducted.

Key words : *hybrid corn, acidic soil PMK, low dosage of fertilizers*

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, jagung (*Zea mays* L.) merupakan bahan pangan penting sumber karbohidrat kedua setelah beras. Di samping itu, jagung dapat digunakan sebagai bahan makanan ternak dan bahan baku industri.

Subandi *et al.* (2005) melaporkan produktivitas jagung nasional baru mencapai 3,2 t/ha. Hasil yang rendah ini disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu teknik budidaya masih sederhana, serangan terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*), benih bermutu kurang tersedia dan penggunaan varietas lokal yang berdaya hasil rendah (Koswara, 1983). Subandi dan Manwan (1990) melaporkan hasil jagung yang rendah disebabkan sebagian petani masih menanam varietas bersari bebas yang dibudidayakan di lahan tegalan.

Pemintaan jagung secara nasional meningkat lebih kurang 6,4% per tahun, sementara peningkatan produksi meningkat hanya 5,6% per tahun. Sejak tahun 2000, produksi domestik tidak dapat memenuhi permintaan yang terus meningkat sehingga impor juga semakin meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan jagung tersebut, diperlukan peningkatan produksi melalui peningkatan produktivitas tanaman dan perluasan areal tanam. Jika produksi jagung dalam negeri dapat ditingkatkan, maka import jagung dapat dikurangi, ditiadakan atau bahkan pasar jagung regional dan internasional dapat dimanfaatkan Indonesia.

Seperti halnya provinsi-provinsi lain di Indonesia, Provinsi Bengkulu juga didorong untuk dapat membantu swasembada jagung nasional. Hingga saat ini 80% petani di Provinsi Bengkulu dalam budidaya jagung telah menggunakan varietas jagung hibrida yang ada di pasaran. Namun demikian, pada kenyataannya rata-rata hasil jagung di Provinsi Bengkulu hanya mencapai 3,5 t/ha. Demikian juga produktivitas jagung secara nasional hanya mencapai 3,2 t/ha tidak sesuai dengan potensi varietas hibrida yang bisa mencapai lebih dari 10 t/ha. Produktivitas jagung yang rendah ini disebabkan dalam budidayanya petani tidak mampu menerapkan teknis budidaya untuk lahan masam. Pengapuran dengan dosis hingga mencapai 5 t/ha, pemberian bahan organik hingga 20 t/ha dan pemupukan anorganik dosis tinggi terutama pupuk fosfat

merupakan upaya yang mahal, tidak efisien dan tidak ramah lingkungan. Demikian juga varietas-varietas hibrida yang dipasarkan dan ditanam petani pada saat ini adalah varietas-varietas yang memerlukan input yang tinggi, tidak dikhususkan untuk budidaya di lahan masam PMK. Oleh karena itu, perakitan varietas jagung yang berdaya hasil tinggi, adaptif pada lahan masam dan toleran terhadap dosis pemupukan yang rendah sangat diperlukan dalam rangka mendukung tercapainya swasembada jagung secara nasional.

Lahan masam PMK merupakan salah satu jenis tanah Ultisol yang menjadi sasaran dari program perluasan areal tanam. Hal ini disebabkan jenis tanah tersebut mempunyai sebaran yang cukup luas di Indonesia. Suwardjo dan Sinukaban (1986) melaporkan bahwa luas lahan masam PMK di Indonesia meliputi 48,3 juta hektar atau 58% dari seluruh luas lahan kering Indonesia.

Menurut Foy (1983), Munir (1996), Sufardi (1997), Tirtoutomo dan Simanungkalit (1988) dan Wilkinson (1994) masalah kimia pada lahan masam PMK adalah pH tanah yang rendah (4,2-5,0); kejenuhan dan keracunan Al, Mn dan Fe; pengikatan fosfat yang tinggi oleh unsur Al, Mn dan Fe; kandungan unsur N, P, K, Ca, Mg dan Mo yang rendah; bahan organik yang sedikit dan kandungan air yang terbatas. Bangun (1991) mengemukakan bahwa sifat kimia lain yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman pada lahan masam PMK adalah kejenuhan basa yang rendah, yaitu kurang dari 35% (Mohr *et al.*, 1972). Ardjasa (1994) mengatakan bahwa lahan masam PMK menunjukkan kemampuan pertukaran kation yang rendah, yaitu kurang dari 24 miliequivalent (me) per 100 g. Faktor penghalang yang utama bagi pertumbuhan tanaman di lahan masam PMK ialah kemasaman tanah dan keracunan aluminium (Foy, 1987; Foy, 1988; Long & Foy, 1970).

Jagung termasuk salah satu tanaman pangan yang kurang toleran pada kondisi tanah masam dan berkadar Al tinggi (Landon, 1984). Pertumbuhan jagung pada lahan masam PMK mulai terhambat pada pH kurang dari 4,8 dan batas toleransi kejenuhan Al 28% (Wade *et al.* 1988; Sri Adiningsih dan Kasno, 1999). Hasil jagung semakin berkurang seiring dengan kejenuhan Al yang meningkat apabila dibandingkan dengan hasil yang diperoleh di tanah tanpa Al

II. PERUMUSAN MASALAH

Pengembangan lahan pertanian untuk usaha pertanian semakin terbatas. Oleh sebab itu pengembangannya sekarang lebih diarahkan ke luar Jawa. Dalam rangka mencapai swasembada jagung pada masa mendatang, maka upaya-upaya peningkatan produktivitas dan pemanfaatan lahan-lahan masam perlu terus dilakukan. Lahan masam di Indonesia diperkirakan seluas 48,3 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Irian Jaya dan Sulawesi (Sudjadi, 1984). Namun demikian, pH tanah yang rendah dan keracunan Al merupakan kendala utama dalam upaya pengembangan jagung di lahan masam PMK.

Pada konsentrasi yang tinggi Al dapat bersifat racun dan menghambat pertumbuhan tanaman melalui pengurangan suplai unsur hara di dalam tanah dan keracunan di dalam sel-sel akar (Foy & Fleming 1979). Wilkinson (1994) mengatakan bahwa konsentrasi Al yang tinggi di kawasan perakaran akan mengikat fosfor yang ada dalam tanah menjadi bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Tisdale dan Nelson (1975) melaporkan bahwa kandungan 1 me Al^{3+} /100 g tanah mampu mengikat 102 ppm fosfor dalam larutan tanah membentuk kristal varisit ($AlPO_4 \cdot 2H_2O$) yang tidak dapat diserap oleh akar tanaman. Jika tanaman tidak mampu mendetoksifikasi Al di dalam tanah dan tidak mempunyai mekanisme penghalangan masuknya Al ke dalam sel-sel akar, maka Al akan mengganggu pembelahan sel. Hal ini disebabkan Al mengikat unsur fosfor yang merupakan komponen nukleotida sehingga pembentukan mRNA dari acuan DNA dalam proses transkripsi tidak berlangsung dan sintesis protein terhenti (Foy, 1987; Matsumoto *et al.*, 1976). Foy dan Fleming (1979) mengatakan bahwa Al dan benang DNA membentuk struktur yang kompleks sehingga heliks ganda DNA menjadi kaku dan menghambat replikasi DNA. Foy dan Fleming (1979), Hakim *et al.* (1986) dan Parker *et al.* (1989) melaporkan terdapat interaksi Al-P yang membentuk globul-globul aluminium fosfat ($AlPO_4$) di dalam nukleus sel-sel korteks, apoplas dan epidermis akar.

Wilkinson (1994) mengatakan bahwa jika Al menumpuk di dalam dinding sel-sel akar maka Al akan mengikat pektin. Hal ini menyebabkan dinding sel akar menjadi kaku sehingga dinding sel sukar dilalui unsur hara dan air. Al juga mampu menghidrolisis pektin dari dinding sel-sel akar, menyebabkan struktur dinding sel rusak. Foy dan Fleming (1979) mendapatkan jika Al dapat masuk ke dalam sel-sel melalui dinding sel, mereka akan menumpuk di dalam mitokondria, nukleus dan organel-organel yang lain di dalam sel yang dapat menyebabkan keracunan dan menghambat metabolisme di dalam sel-sel akar.

Foy (1987) mengatakan bahwa keberadaan Al di dalam sel-sel akar akan menghambat pembelahan sel, menyebabkan perkembangan akar terhambat, cabang dan jumlah rambut akar sedikit, warna akar menjadi pucat, ujung akar menebal dan berat kering akar yang rendah. Hal ini disebabkan kemampuan tanaman untuk menyerap air dan unsur hara sangat terbatas dan selanjutnya mengganggu pembentukan senyawa organik sehingga tanaman mempunyai berat kering tanaman dan hasil yang rendah. Jagung yang tahan keracunan Al memiliki berat tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan jagung yang peka terhadap keracunan Al.

Kelarutan ion Al di tanah masam dengan pH kurang dari 5,5 telah diketahui memberi efek negatif terhadap pertumbuhan tanaman. Bentuk Al yang bersifat toksik bagi tanaman adalah ion trivalent Al^{3+} yang dominan pada kondisi masam (Delhaize & Ryan, 1995). Kadar Al^{3+} berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jagung umur 5 dan 6 minggu setelah tanam, bobot brangkasan basah dan bobot brangkasan kering. Semakin tinggi kadar Al^{3+} pada lahan masam PMK, tinggi tanaman dan bobot brangkasan jagung semakin rendah (Sudjatno, 2001). Pertumbuhan yang terhambat mengindikasikan tanaman jagung mengalami keracunan Al. Tanaman jagung yang keracunan Al mengalami kerusakan pada sistem perakaran sehingga menghambat translokasi Ca dan P (Foy, 1983) dan mempunyai akar yang pendek. Terganggunya penyerapan hara dicerminkan oleh pertumbuhan tanaman jagung yang tidak normal, daun tidak mampu membuka sempurna, pinggiran daun berwarna coklat dan mengering (Soepardi, 1984).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan mulai dari seleksi terhadap genotip-genotip di laboratorium, polibag maupun lapangan; persilangan biparental; UDHP; UDHL maupun uji multilokasi. Bahan penelitian terdiri dari 25 genotip jagung terdiri dari inbrida, varietas hibrida, varietas unggul bersari bebas dan varietas lokal terseleksi, yakni NK22, C7, Prima-1, N35, DK3, P21, P23, BISI 12, Lamuru, Srikandi Kuning, Sukmaraga, JH05, JH10, JH07, JH 06 x JH 99, BBS-1-5, BBS-1-6, BBB-1-1, BBB-1-2, BBB-1-3, BBB-1-5, BBB-1-7, BCK-1-2-T3, BCK-1-4-T3 dan BCK-1-5-T3. Seleksi dan perbaikan varietas jagung lokal telah dilakukan pada tahun-tahun sebelumnya.

3.1. Tahun Pertama

3.1.1. Pengujian Potensi Genotipe Jagung Pada Lahan Masam PMK Tanpa Pengapuran, Tanpa Bahan Organik dengan Dosis Pemupukan yang Rendah

Penelitian pada tahun pertama telah dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap dengan tiga ulangan. Pengolahan tanah menggunakan traktor, sebelum pengolahan tanah dilakukan penyabitan rumput dan alang-alang, selanjutnya dibuat blok dan petak-petak percobaan. Ukuran setiap petak percobaan 2 x 5 m. Jarak antar petak 30 cm dan jarak antar blok atau ulangan 100 cm.

Penanaman dilakukan dengan tugal, satu biji per lubang tanam, jarak tanam yang digunakan 80 cm x 20cm. Setiap petak terdiri dari dua baris tanaman dengan 25 tanaman setiap baris, sehingga setiap petak terdapat 50 tanaman.

Dosis pemupukan hanya diberikan separuh daripada dosis rekomendasi. Dosis pupuk Urea, SP36 dan KCl masing-masing 50, 50 dan 25 kg/ha. Campuran pupuk urea, SP-36 dan KCl dimasukkan dalam larikan sedalam 5 cm dengan jarak 7 cm dari lubang tanam, selanjutnya larikan ditutup dengan tanah. Pemupukan susulan pertama dan kedua hanya diberikan pupuk Urea dengan

dosis masing-masing 50 kg/ha diberikan pada waktu 4 dan 6 minggu setelah tanam (mst). Pupuk urea dimasukkan dalam larikan sedalam 5 cm dengan jarak 15 cm dari tanaman jagung, selanjutnya larikan ditutup dengan tanah.

Jika tidak turun hujan dilakukan pengairan dengan menyiram tanaman dengan air setiap hari sekali. Cara pengairan dengan mengalirkan air melalui selang plastik hingga tanah menjadi lembab. Jika terjadi hujan lebat, saluran drainase dibuat untuk menghindari tanaman jagung dari genangan air.

Pengendalian gulma dilakukan secara manual dengan cara mencabuti gulma yang tumbuh pada petak-petak penelitian. Pembumbunan hanya dilakukan sekali pada waktu tanaman jagung berumur 3 mst, karena akan diamati ciri ketahanan terhadap kerebahan. Tanah di sekitar tajuk tanaman digemburkan, kemudian ditimbunkan pada bidang pangkal batang tanaman jagung sehingga membentuk guludan kecil.

Pengamatan dan pengukuran dilakukan pada variabel utama dan variabel penunjang. Pengamatan dilakukan terhadap seluruh tanaman per petak. Variabel utama yang diamati adalah :

1. Tinggi tanaman (cm)

Pengukuran menggunakan meteran dari permukaan tanah hingga ujung daun tertinggi.

2. Jumlah ruas

Pengukuran dilakukan dengan cara menghitung jumlah ruas pada batang.

3. Rata-rata panjang ruas (cm)

adalah tinggi tanaman yang diukur dari permukaan tanah hingga ruas batang tertinggi dibagi dengan jumlah ruas.

4. Jumlah daun

Pengukuran dengan cara menghitung jumlah daun pada batang.

5. Umur berbunga (hst)

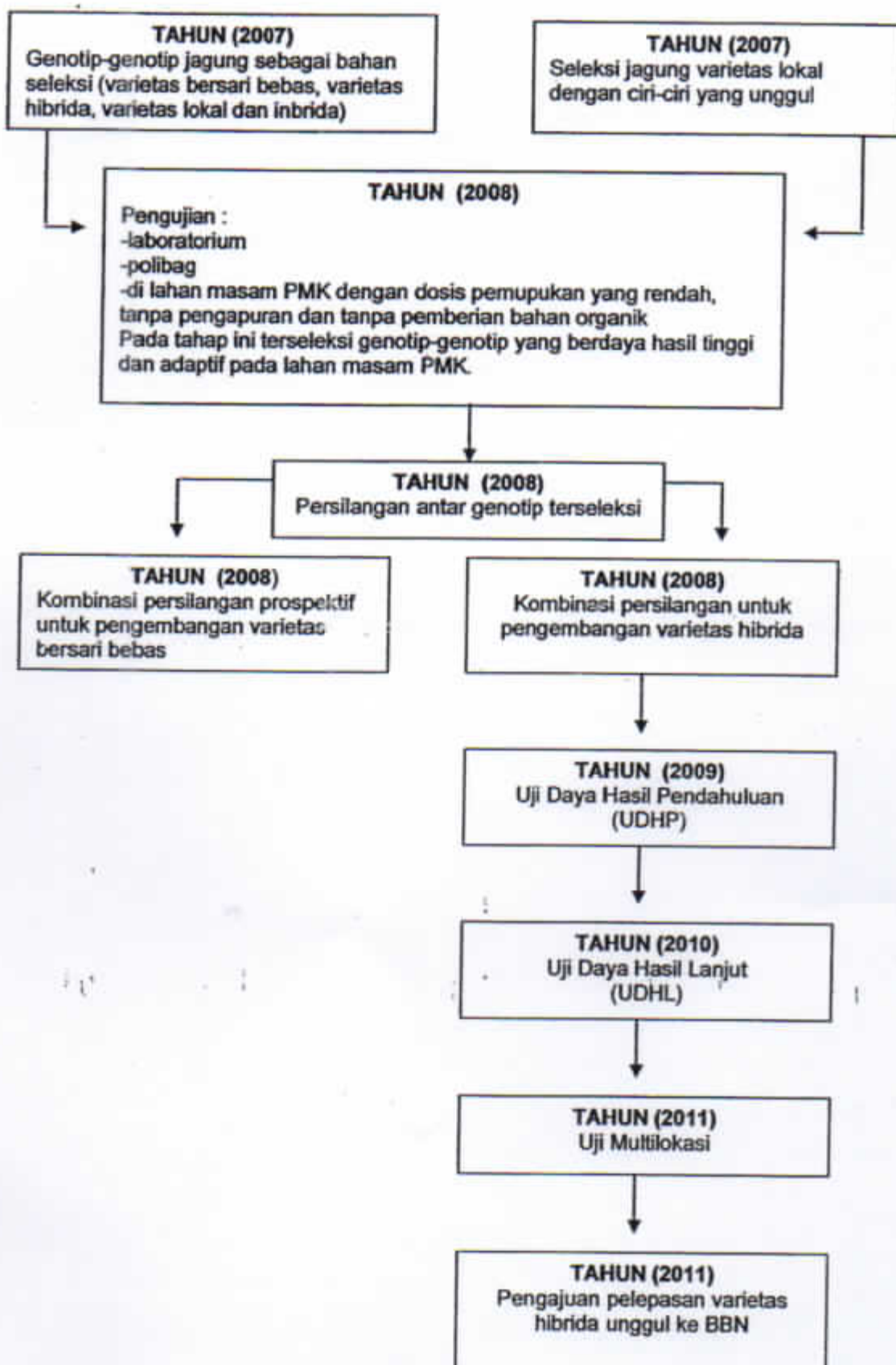
adalah jumlah hari dari waktu tanam hingga anthesis, yaitu ketika malai telah menghasilkan serbuk sari yang berwarna kuning.

IV. RANCANGAN PENELITIAN

Pendekatan dan strategi yang dilakukan untuk merakit varietas jagung hibrida yang berdaya hasil tinggi dan adaptif pada lahan masam melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Seleksi varietas lokal yang menunjukkan keragaan baik, seperti ukuran tongkol yang besar dan panjang, ukuran biji yang besar dan bobot biji per tanaman yang tinggi.
2. Seleksi genotip-genotip yang berdaya hasil tinggi dan adaptif pada lahan masam PMK melalui pengujian di laboratorium, polibag dan lapangan dengan dosis pemupukan yang rendah. Ketiga metode seleksi ini digunakan agar genotip jagung yang terseleksi, ciri-cirinya yang memang benar-benar dikendalikan secara genetik.
3. Genotip-genotip jagung yang terseleksi melalui ketiga metode ini kemudian saling disilangkan tanpa persilangan resiprok. Persilangan ini memungkinkan terdapatnya peluang yang besar terjadinya kombinasi ciri-ciri yang unggul antar genotip.
4. Pada tahun kedua diharapkan akan dapat dilakukan pengujian beberapa hibrida yang berdaya hasil tinggi dan adaptif di lahan masam PMK serta toleran terhadap dosis pemupukan yang rendah. Untuk keperluan ini pengujian dilakukan di beberapa kawasan lahan masam PMK di Indonesia. Pada tahun kedua pula diharapkan telah dapat diajukan pelepasan varietas hibrida baru yang unggul di lahan masam PMK.

Diagram rancangan (*road map*) pengembangan varietas hibrida unggul di lahan PMK dan toleran terhadap dosis pemupukan yang rendah, tanpa pengapuran dan tanpa bahan organik dapat digambarkan sebagai berikut :



V. HASIL YANG DIHARAPKAN

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga tahun, yakni pada tahun 2008, 2010 dan 2011.

Pada tahun pertama (2008), hasil penelitian yang diharapkan adalah :

1. Terseleksinya genotip-genotip jagung yang berdaya hasil tinggi, adaptif pada lahan masam PMK dengan input yang rendah. Genotip-genotip yang terseleksi ini dapat digunakan sebagai tetua untuk perakitan varietas hibrida maupun untuk pengembangan varietas unggul bersari bebas.

Pada penelitian di laboratorium telah didapatkan Prima-1, DK3, Srikandi Kuning, BBB-1-2, BBB-1-1, BBB-1-3 dan BCK-1-4T3 merupakan genotip-genotip yang tahan terhadap keracunan Al. Pada penelitian di polibag, Prima-1, DK-3, BBB-1-2, BBB-1-3 dan BCK-1-4T3 menunjukkan bobot biji per tanaman yang tinggi. Prima-1, DK-3, BBB-1-1 dan BCK-1-4T3 menunjukkan bobot biji per tanaman yang paling tinggi pada penelitian di lapangan.

2. Dapat ditentukan besaran parameter genetik dari populasi genotip jagung yang diuji. Parameter genetik yang diukur adalah varians genetik, lingkungan dan fenotip ; heritabilitas ; kemajuan genetik ; nilai korelasi dan lintasan yang berguna untuk proses perakitan varietas hibrida.

Pada penelitian ini telah diketahui bahwa ciri tinggi tanaman dan jumlah ruas menunjukkan heritabilitas dalam arti luas yang tinggi. Ciri rata-rata panjang ruas, jumlah daun, umur berbunga, tinggi tongkol, diameter tongkol tanpa kelobot, bobot biji per tanaman dan persentase kerebahan menunjukkan heritabilitas sedang. Ciri bobot biomassa, berat kering akar, panjang akar, umur tongkol keluar rambut, jumlah tongkol, diameter tongkol berkelobot, panjang tongkol, jumlah baris biji per tongkol, jumlah biji per baris, diameter janggol, indeks panen menunjukkan heritabilitas dalam arti luas yang rendah. Ciri bobot biomassa dan diameter tongkol berkelobot merupakan kriteria seleksi yang paling paling baik untuk merakit varietas jagung hibrida adaptif di lahan masam, tanpa pengapuran, tanpa bahan organik dengan dosis pemupukan yang rendah.

3. Dapat ditentukan macam tindak gen yang mengendalikan ciri-ciri genotip jagung yang diteliti. Penentuan macam tindak gen ini berguna untuk menentukan metode pemuliaan tanaman dan sumbangan tindak gen-gen non-aditif ciri-ciri yang dikaji terhadap perakitan varietas hibrida.

Ciri tinggi tanaman dan persentase kerebahan yang menunjukkan heritabilitas dan kemajuan genetik harapan yang tinggi menegaskan peranan gen aditif yang mengendalikan kedua ciri tersebut. Ciri jumlah ruas, rata-rata panjang ruas, jumlah daun, umur berbunga, tinggi tongkol, diameter tongkol tanpa kelobot dan bobot biji per tanaman dengan heritabilitas sedang atau tinggi tetapi dengan kemajuan genetik harapan yang rendah menunjukkan peranan gen-gen aditif dan non-aditif yang mengendalikan ciri-ciri tersebut. Ciri berat kering akar, panjang akar, panjang tongkol, jumlah baris biji per tongkol, diameter janggol, indeks panen dan jumlah tongkol dikendalikan oleh gen-gen non-aditif pada kadar yang tinggi.

4. Dapat ditentukan kombinasi persilangan (hibrida) yang potensial. Melalui UDHP dapat ditetapkan hibrida-hibrida potensial yang berdaya hasil tinggi, adaptif di lahan masam dengan input yang rendah.

1. Melalui UDHP terhadap lima hibrida hasil kombinasi persilangan, persilangan H3 menunjukkan hasil biji yang tertinggi, yakni 5,1 t/ha. Pada UDHL musim kemarau, persilangan H1, H2, H3, H4 dan H5 menunjukkan rata-rata hasil pipilan kering tertinggi dan konsisten di tiga lokasi pengujian masing-masing 5,39; 5,67; 5,52; 4,86 dan 4,93 t/ha lebih tinggi jika dibandingkan dengan varietas hibrida pembanding Prima-1 dan DK-3 yang menghasilkan rata-rata pipilan kering masing-masing 4,29 dan 4,53 t/ha. Kelima hibrida ini mampu menghasilkan lebih tinggi pada lahan masam PMK dengan kondisi air yang cukup masing-masing 6,30 ; 6,35 ; 5,82 ; 5,46 dan 5,54 t/ha. Hibrida 3 merupakan hibrida dengan rata-rata hasil pipilan kering tertinggi, yakni 5,52 t/ha dan merupakan hibrida yang stabil di berbagai lokasi. Namun jika ditanam pada kondisi air yang cukup, hibrida ini mampu menghasilkan hingga 5,82 t/ha.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis varians (Tabel 4) menunjukkan bahwa lima jagung hibrida (H1, H2, H3, H4, H5) dan dua hibrida pembanding (Prima dan DK-3) yang diuji di lahan PMK, Desa Margasakti, Kecamatan Padang Jaya, Kabupaten Bengkulu Utara pada musim kemarau 2010 menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata antar hibrida yang diuji untuk ciri tinggi tanaman, diameter batang, ketinggian tongkol, umur tongkol keluar rambut dan skor penutupan kelobot. Perbedaan yang nyata dan sangat nyata ditunjukkan oleh ciri umur bunga jantan, jumlah tongkol, diameter tongkol berkelobot dan tanpa kelobot, panjang tongkol, umur panen, jumlah biji per baris, jumlah baris biji per tongkol dan hasil pipilan kering. Hasil yang sama juga didapatkan pada musim hujan kecuali ciri umur tongkol keluar rambut yang menunjukkan perbedaan yang sangat nyata.

Tabel 4. Analisis varian ciri-ciri jagung hibrida yang ditanam di Desa Margasakti, Kecamatan Padang Jaya, Kabupaten Bengkulu Utara pada musim kemarau dan musim hujan 2010

No.	Ciri	Kuadrat Tengah Hibrida	
		Musim Kemarau	Musim Hujan
1	Tinggi tanaman	0,011 ^{ns}	0,019 ^{ns}
2	Diameter batang	0,037 ^{ns}	0,027 ^{ns}
3	Ketinggian tongkol	111,215 ^{ns}	91,452 ^{ns}
4	Umur bunga jantan	6,337 *	16,043 **
5	Umur tongkol keluar rambut	4,462 ^{ns}	13,277 **
6	Jumlah tongkol	0,059 *	0,004 *
7	Skor penutupan kelobot	0,102 ^{ns}	0,065 ^{ns}
8	Diameter tongkol berkelobot	0,075 *	0,142 *
9	Diameter tongkol tanpa kelobot	0,119 **	0,128 *
10	Panjang tongkol	1,485 *	3,872 *
11	Umur panen	25,825 **	13,762 *
12	Jumlah biji per baris	43,639 **	27,944 **
13	Jumlah baris biji per tongkol	1,773 **	5,788 **
14	Hasil pipilan kering	2,270 **	2,132 **

Uji lanjut DMRT 5% untuk mengetahui perbedaan antar hibrida yang ditanam pada musim kemarau dan hujan disajikan pada Tabel 5 dan 6. Pada musim kemarau H1, H2 dan H3 menunjukkan umur bunga jantan yang paling

Tabel 5. Uji lanjut DMRT 5% ciri-ciri jagung hibrida di Desa Marga Sakti, Kecamatan Padang Jaya, Kabupaten Bengkulu Utara pada musim kemarau 2010

Tinggi tanaman (m)	Diameter batang (cm)		Ketingsgian tongkol (cm)		Umur bunga jantan (hari)		Umur tongkol keluar rambut (hari)		Jumlah tongkol	
Genotip	Rerata	Kultivar	Rerata	Kultivar	Rerata	Kultivar	Rerata	Kultivar	Rerata	Kultivar
H4	2,28 a	H4	1,41 a	H5	96,09 a	H1	54,50 a	H1	56,19 a	H5
H5	2,32 a	DK-3	1,49 ab	H4	98,11 ab	DK-3	54,82 ab	H2	56,63 ab	Prima-1
DK-3	2,38 a	Prima	1,52 ab	DK-3	100,45 ab	H3	55,31 ab	H3	56,71 ab	DK-3
H3	2,39 a	H5	1,58 ab	H3	108,34 ab	H2	55,59 ab	DK-3	57,28 ab	H4
H2	2,40 a	H3	1,66 b	H2	109,10 ab	H4	56,34 ab	Prima-1	57,29 ab	H1
Prima-1	2,44 a	H2	1,67 b	H1	109,86 b	Prima-1	57,12 bc	H4	57,98 ab	H3
H1	2,45 a	H1	1,70 b	Prima-1	109,97 b	H5	58,65 c	H5	59,86 b	H2

Skor penutupan kelobot	Diameter tongkol berkelobot (cm)		Diameter tongkol tanpa kelobot (cm)		Panjang tongkol (cm)		Umur panen (hari)		Jumlah biji per baris	
Kultivar	Rerata	Kultivar	Rerata	Kultivar	Rerata	Kultivar	Rerata	Kultivar	Rerata	Kultivar
H4	2,13 a	DK-3	4,62 a	DK-3	16,14 a	Prima-1	94,67 a	Prima-1	24,97 a	Prima-1
Prima-1	2,15 a	Prima-1	4,83 ab	Prima-1	16,83 ab	H4	100,00 b	DK-3	25,23 a	DK-3
H3	2,24 a	H5	4,87 ab	H5	16,93 ab	DK-3	100,00 b	H5	27,87 a	H5
H5	2,27 a	H4	4,89 ab	H1	16,96 ab	H5	100,00 b	H4	31,40 b	H4
DK-3	2,29 a	H1	4,99 b	H4	17,67 bc	H1	101,33 b	H3	32,04 b	H3
H2	2,46 a	H3	5,01 b	H3	18,00 c	H3	103,00 c	H1	32,83 b	H1
H1	2,65 a	H2	5,11 b	H2	18,05 c	Prima-1	103,67 c	H2	34,55 b	H2

VII. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Lima hibrida (H1, H2, H3, H4 dan H5) merupakan hibrida yang menunjukkan rata-rata hasil pipilan kering masing-masing 5,39 ; 5,67 ; 5,52 ; 4,86 dan 4,93 t/ha pada musim kemarau dan 6,03 ; 6,35 ; 6,44 ; 5,07 dan 5,62 t/ha pada musim hujan, lebih tinggi jika dibandingkan dengan varietas hibrida pembanding Prima-1 dan DK-3 yang menghasilkan rata-rata pipilan kering masing-masing 4,29 dan 4,53 t/ha pada musim kemarau, 4,47 dan 4,85 t/ha pada musim hujan. Kelima hibrida ini mampu menghasilkan lebih tinggi pada lahan masam PMK dengan kondisi air yang cukup masing-masing 6,30 ; 6,35 ; 5,82 ; 5,46 dan 5,54 t/ha.
2. Hibrida 3 merupakan hibrida dengan rata-rata hasil pipilan kering tertinggi, yakni 5,52 t/ha pada musim kemarau dan 6,44 t/ha pada musim hujan, merupakan hibrida yang stabil di berbagai lokasi.
3. Tidak terdapat interaksi antara genotip (hibrida), lokasi dan musim pada ciri-ciri yang dikaji termasuk hasil pipilan kering, sehingga dapat dilanjutkan untuk uji multilokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, R.L. and T.A. Bancroft, T.A. 1952. *Statistical theory in research*. New York : Mc.Grow-Hill Book Company Inc.
- Ardjasa, W.S. 1994. Peningkatan produktivitas lahan kering marginal melalui pemupukan fosfat alam dan bahan organik berlanjut pada pola padi gogo-kedelai-kacang tunggak. Dlm. Utomo, M., Susilo, F.X., Lumbanraja, J., Sudarsono, H. (pnyt.). *Prosiding seminar nasional pengembangan wilayah lahan kering*, hlm. 68-81. Lampung : Lembaga Penelitian - Universitas Lampung
- Atlin, G.N., and K.J. Frey. 1990. Selecting oat lines for yield in low productivity environments. *Crop. Sci.* 30 : 556-561
- Bahar, H. 1987. Sidik lintas karakter agronomi terhadap hasil jagung. *Pemb. Pert. Sukarami* 10 : 22-24.
- Bahar, H., F. Kasim, dan Adri. 1992. Antasena varietas unggul jagung untuk tanah masam. *Bul. Tek. Sukarami* 6 : 1 - 7.
- Bahar, H.; S. Zen dan Subandi, 1993. Kontribusi komponen hasil dan karakter agronomi terhadap hasil jagung pada beberapa lokasi. Dlm. Brotonegoro, S. *et al.* (pnyt.). *Prosiding lokakarya penelitian komoditas dan studi khusus*. hlm. 819-829. AARP-Litbang Deptan vol.4 : Palawija
- Baihaki, A. 2000. Teknik rancang dan analisis penelitian pemuliaan. Diklat Kuliah. Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Bangun, P. 1991. Persiapan tanam padi gogo dengan *zero tillage* pada tanah alang-alang Podsolik Merah Kuning. Dlm. Machmud, Kosim, M. dan Gunarto. *Prosiding lokakarya penelitian komoditas dan studi khusus*, hlm. 123-137. Jakarta : BPPP
- Borojevic, S. 1990. *Principles and Methods of Plant Breeding*. New York : Elsevier Sci. Pub. Co. Inc.
- Brewbaker, J.L. 1964. *Agricultural genetics*. Englewood Cliffs, New York : Prentice-Hall, Inc
- Budiarti, S.G. 1993. Penampilan plasma nutfah jagung di Lebak, Rangkasbitung dan Bogor. *Ris. Hasil Pen. Tan. Pangan* 2 : 25-33
- Crowder, L.V. 1981. *Genetika tumbuhan* (terjemahan L.Kusdiarti dan Soetarso). Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

- Dahlan, 1991. Stabilitas hasil beberapa genotipe jagung hibrida harapan pada sembilan lokasi. *Zuriat* 9 (2) : 54 – 57.
- Delhaize, E. and P.R. Ryan. 1995. Aluminium toxicity and tolerance in plants. *J Plants Physiol* 107 : 315 -702.
- Dewey, D.R. and K.U. Lu. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agron. J.* 51 : 515-518.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6 : 36:40.
- Falconer, D.S. 1989. *Introduction to quantitative genetics*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Fehr, W. R. 1987. *Principles of cultivar development, theory and technique*. New York : Macmillan Publishing Company
- Foolad, M.R. and A. Bassiri. 1983. Estimates of combining ability, reciprocal effects and heterosis for yield components in a common bean diallel cross. *J. Agric.Sci.Camb.* 100 : 103-108.
- Foy, C.D. and A.L. Fleming. 1968. Root structure reflects differential aluminum tolerance in wheat varieties. *Agron. J.* 60 : 172-176.
- _____. 1979. The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soils. Dlm. Jung, G.A.(pnvt.). *Proceeding crop tolerance to suboptimum land conditions*, hlm. 301- 328. Madison, Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc; Crop Science Society of America, Inc; Soil Science Society of America, Inc.
- Foy, C.D. 1983. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. *Iowa J. of Res.* 57 (4) : 339-354
- _____. 1987. Acid soil tolerances of two wheat cultivars related to soil pH, KCl-extractable aluminum and degree of aluminum saturation. *J.of Plant Nutr.* 10 (6) : 609-623.
- _____. 1988. Plant adaptation to acid, aluminium toxic soils. *Commun. Soil Sci.Plant. Anal.* 19 : 959-987
- Goldman. I.L., Carter Jr.,T.E. and Patterson, R.P. 1989. Differential genotypic response to drought stress and subsoil aluminium in soybean. *Crop.Sci.* 29 : 330-334